

Valoración económica del impacto en salud de la contaminación ambiental

D. Manuel Praena Crespo.

D. José Manuel González Limón.

IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA SALUD INFANTIL

Ciclo de la contaminación atmosférica

La contaminación del aire es un proceso que se inicia con las emisiones al aire por parte de los diferentes focos emisores, **niveles de emisión**, de contaminantes a la atmósfera. Una vez estas sustancias se encuentran en la atmósfera sufren diferentes efectos de transporte y/o transformación (Figura 1). Como resultado de estos procesos, en un punto determinado se da una determinada concentración de cada contaminante que se conoce como **nivel de inmisión**.



Figura 1. Ciclo de la contaminación atmosférica. Desde el lugar de emisión al de inmisión se producen cambios en función del transporte y la transformación que sufren los contaminantes.

Por lo tanto, para minimizar la contaminación atmosférica, es necesario controlar las emisiones atmosféricas (**niveles de emisión**) y conseguir el control de la presencia de los contaminantes en el aire en distintos puntos receptores (**niveles de inmisión**).

Los niveles de inmisión determinan el efecto de un contaminante sobre la salud o el medio ambiente. A raíz de los estudios médicos y científicos, se han establecido unos valores de referencia para los niveles de inmisión de cada contaminante. Mientras éstos no se superen, se puede considerar que la cantidad del aire es buena. Por el contrario, se deberán tomar medidas preventivas o correctoras en función del grado de contaminación detectado.

Al tratar el problema de la contaminación atmosférica cabe tener presente que, a pesar de que existe cierta relación entre emisión e inmisión, dichos parámetros no son necesariamente equivalentes. Ello se debe a que existe un proceso de transporte y de dispersión en la atmósfera que puede dispersar o concentrar los contaminantes e incluso modificar su naturaleza.

De un modo generalizado, puede decirse que las principales fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera son:

- Los procesos industriales.
- La producción de energía eléctrica (centrales térmicas).
- El consumo de combustibles industriales y domésticos.
- Los transportes.
- La incineración de residuos.
- Procesos forzados por la intervención humana (emisiones artificiales):
 - De origen urbano
 - De origen industrial.
- Estos procesos pueden ser debidos a:
 - Focos móviles de emisión
 - Focos fijos de emisión

No todas las emisiones a la atmósfera son producidas por el hombre, también existen emisiones producidas por procesos de origen natural.

- Procesos de origen natural:
 - Origen marino (brisas del océano).
 - Origen vegetal (pólenes y esporas).
 - Origen microbiano (bacterias existentes en la atmósfera).
 - Otros orígenes (incendios forestales, erupciones volcánicas,...).

Las sustancias normalmente consideradas como contaminantes, que contribuyen a la contaminación atmosférica mundial en un porcentaje superior al 90%, son:

- Partículas (o materia particulada).
- Compuestos del azufre.

- Compuestos del nitrógeno.
- Compuestos orgánicos.
- Monóxido de carbono (y dióxido de carbono).
- Compuestos halogenados.
- Compuestos radiactivos.
- Según su composición química, los más importantes son:

Según su tamaño las partículas son

- sedimentables ($> 30 \mu\text{m}$),
- partículas en suspensión ($< 30 \mu\text{m}$),
- partículas respirables ($< 10 \mu\text{m}$), o
- humos ($< 1 \mu\text{m}$).

Las partículas inferiores a $10 \mu\text{m}$ y sobre todo los humos, son las que tienen más repercusión sobre las vías respiratorias dado su pase por las vías respiratorias.

La Organización Mundial de la Salud¹ propone unos niveles de contaminación “tolerables” para la salud humana (tabla), pero posiblemente incluso por debajo de dichos niveles se producen efectos perjudiciales para las vías respiratorias de las personas y especialmente los niños que son los más vulnerables por ser organismos en crecimiento y maduración.

Tabla 1. Calidad del aire y salud.

Contaminante	Niveles
Partículas en suspensión	
PM2.5	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media en 24h
PM10	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media en 24h
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media en 1h
Dióxido de azufre (SO₂)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media en 24h 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media en 10 min
Ozono (O₃)	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media en 8h.
Nota descriptiva N°313. Septiembre de 2011. ¹	

En España se han publicado varios reales decretos y leyes²⁻⁶ para regular las emisiones de contaminantes y la información que debe ser difundida a la población. Las administraciones locales en general contemplan dichas disposiciones desde el punto de vista de interés medioambiental con escasa conexión con las delegaciones de salud.

En ciudades muy contaminadas donde la afectación de la salud por la contaminación es incontestable, se establecen planes de contingencia en respuesta a los índices de contaminación, como es el caso de ciudad de México y su Índice Metropolitano de la Calidad del Aire⁷ (IMECA). Figura 2

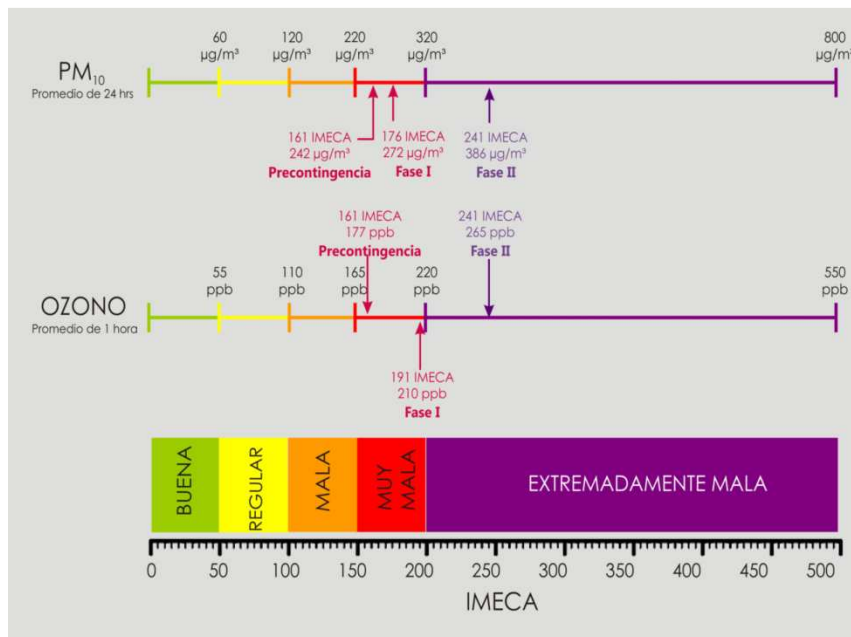


Figura 2. Índice Metropolitano de la Calidad del Aire en México.⁷

En Sevilla ha habido recientemente hemos sufrido una situación de alarma que fue recogida por la prensa⁸. Precisamente el día que nos visitó en la Facultad de Económicas el premio nobel de la Paz Chris Hope en febrero de 2012.



Figura 3. Foto publicada el día 14 de febrero de 2012 en Diario de Sevilla mostrando la polución ambiental centrada en Sevilla⁸

Desgraciadamente solo se ponen en marcha medidas de control cuando se ha producido un grave perjuicio para la población que es aireado por los medios de comunicación creando alarma social. Un ejemplo de ello ocurrió en la década de los ochenta cuando la descarga de haba de soja en el puerto de Barcelona produjo una “epidemia” de crisis asmáticas⁹ que afectó a centenares de personas y colapsó los servicios de urgencias de los hospitales.

El asma como paradigma de enfermedad respiratoria

El asma, para un pediatra representa la enfermedad crónica física más prevalente. En España uno de cada diez niños tiene asma y en los últimos años se ha producido un incremento que se ha objetivado gracias al estudio ISACC que se ha realizado en dos ocasiones con 10 años de diferencia en más de 55 países¹⁰. Para evitar problemas de idioma se usó un video-cuestionario con el que los encuestados identifican en un vídeo los síntomas de asma con que coinciden con su propio padecimiento. En España, las zonas de interior presentan una prevalencia inferior frente a las de la costa. En la costa la presencia de humedad que favorece la proliferación de ácaros del polvo y los mohos como la *Alternaria* intervienen en esta diferencia.

Aunque hay muchas pruebas de que la contaminación del aire exacerba el asma ya existente no está bien establecida su vinculación con el desarrollo del asma. Esto se debe principalmente a que hay pocos estudios prospectivos con datos de exposición que hayan sido llevados a cabo. Sin embargo en los últimos años, algunos datos limitados han surgido para apoyar la asociación entre la contaminación del aire y la incidencia de asma. En el estudio ISAAC realizado en todo el mundo se ha contrastado cómo la contaminación ambiental por tráfico de camiones origina mayor probabilidad de tener sibilancias¹¹. Figura 4

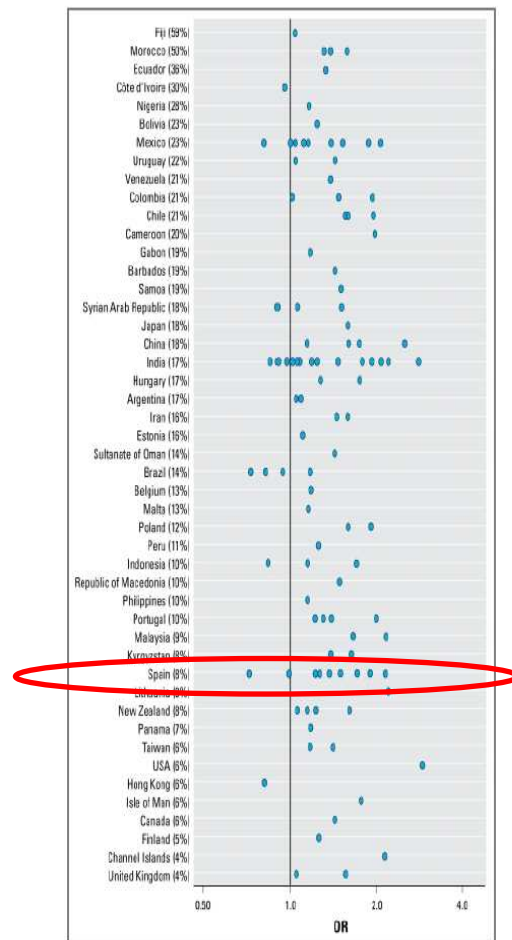


Figura 4. Riesgos de tener sibilancias en los niños de 13 - a 14 años de edad según tráfico de camiones "nunca" frente a casi todo el día en todos los países del estudio ISAAC. Enmarcado en rojo España.¹¹

Perera describió cómo la exposición a la polución del tráfico de automóviles influía en el desarrollo de asma a través de mecanismos epigenéticos¹². Estudió la influencia de la exposición de las madres a la polución del aire debida al tráfico de automóviles en el desarrollo de asma de sus hijos. Observó una correlación entre una alta exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) de las madres que se relacionó a la metilación del ADN de la ACSL3. Este trabajo postula el origen precoz de las enfermedades respiratorias ya desde el seno materno.

Otro efecto de la contaminación que se ha comprobado es la de originar en los niños un menor peso al nacer, lo que contribuye al mismo tiempo a producir más enfermedades de los bebés. En un estudio de Slama¹³ se comprueba una relación inversa del peso al nacer de los niños con los niveles de contaminación que sufren sus madres durante el embarazo en el lugar donde viven. (Figura 5)

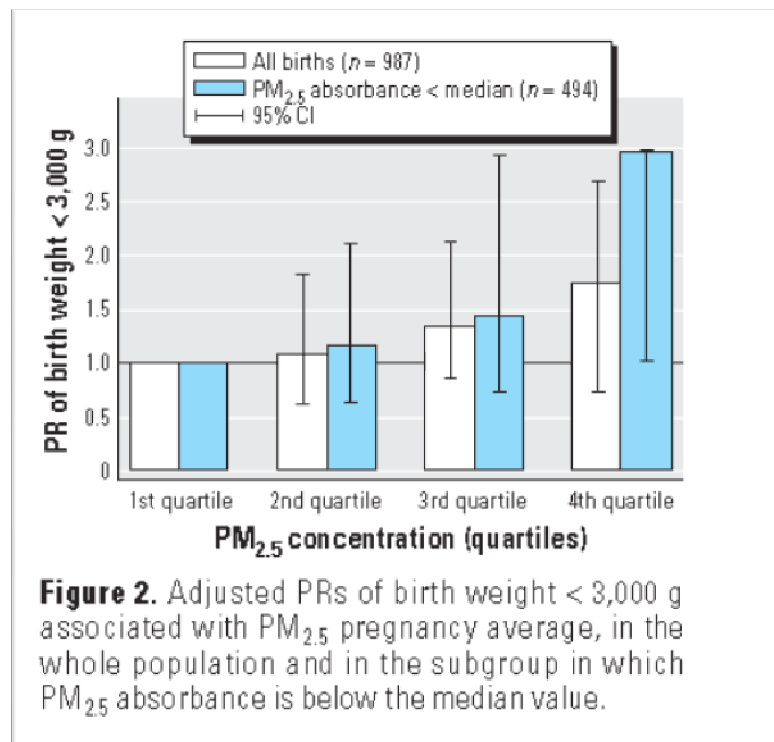


Figura 5. relación inversa del peso al nacer de los niños con los niveles de contaminación que sufren sus madres durante el embarazo

Otra sustancia que está en discusión es la exposición al ozono que es un desencadenante conocido por la exacerbación de síntomas en pacientes con asma. Se ha comprobado que en lugares con altos niveles de ozono se producen exacerbaciones de asma en los niños con 3 o más actividades al aire libre frente a los que no la realizan¹⁴. Si en el desarrollo de asma por el ozono están involucrados cambios epigenéticos es una cuestión que se desconoce, pero se conoce casos de estrés oxidativo y metilación de ADN con carcinogénesis (inducción de cáncer en sujetos sanos)¹⁵

En algunos se ha comprobado que altos niveles de exposición a endotoxinas en granjas protegen contra la fiebre del heno y las sibilancias atópicas que es un equivalente al asma en el niño pequeño¹⁶. Es decir a mayor carga de endotoxinas, procedentes de las bacterias de los detritus de animales de granja hay una menor frecuencia de enfermedades alérgicas. Parece ser que en esta situación están involucrados mecanismos epigenéticos

Sin embargo en otro estudio¹⁷ se midió el nivel de endotoxinas en el hogar y la presencia de materia de carbono atribuible al tráfico y la exposición diaria durante 6 meses. Un alto nivel de partículas de carbono procedente del tráfico junto con una alta exposición a endotoxinas se asoció a una prevalencia mayor de problemas respiratorios. Estos hallazgos apoyan la hipótesis de interacciones sinérgicas entre el desarrollo de la función inmune y el daño potencial al desarrollo del pulmón del niño.

La prevención como estrategia de conservación de la salud.

La prevención es mucho más barata que la curación, por lo que los esfuerzos de las administraciones deben dirigirse a las prácticas preventivas mediante regulaciones y leyes que faciliten el control de los niveles de contaminantes. Pero también las personas que viven en las ciudades tienen también su cuota de responsabilidad. Podemos clasificar los ámbitos de prevención según los escenarios de actuación en el propio hogar, la ciudad, el estado y los ámbitos internacionales. Como ciudadanos tenemos la obligación de contribuir a la mejora del medio ambiente y al mismo tiempo exigir a las administraciones públicas que se cumplan las leyes y regulaciones que se han dictado y se establezca una vigilancia de los efectos de la contaminación sobre la población.

Hay ejemplos de actuaciones que han intentado mejorar la situación del aire ambiental. Se evaluó una intervención para reducir las partículas en suspensión y los niveles de SO₂ midiendo los excesos. El seguimiento mejoró los niveles de estos contaminantes al parar la producción en ciertas situaciones atmosféricas que favorecían la acumulación de estas sustancias. Sin embargo no se estudió la relación con la mejora de resultados en salud¹⁸.

Se ha calculado determinando mediante estudios de dosis-respuesta de la contaminación sobre la salud, cuáles serían los resultados en salud de controlar la contaminación. Reducir la exposición media de NO₂ y partículas en suspensión (PS) en una población de un millón de habitantes **de 50 a 20 mg/m³** beneficiaría en un año en tener 3.500 muertes menos, 1.800 ingresos hospitalarios menos por causas cardio-respiratorias, **31.100 casos menos de bronquitis en niños, 54.000 crisis de asma menos en niños y adultos**¹⁹.

También la participación de las personas a modo individual podría ayudar a controlar la contaminación doméstica. El estudio ALSPAC (*The Avon Longitudinal Study of Parents and Children*) que previamente había estudiado a las madres desde antes del nacimiento de sus hijos mostró el mismo hallazgo del estudio de Tucson añadiendo que también el tabaquismo incluso de bajo nivel confiere el mismo riesgo para el desarrollo de síntomas de tipo asma. Las asociaciones de los diferentes tipos de asma con la atopía, la función pulmonar y la respuesta exagerada de las vías respiratorias (propias del asma) fueron muy similares en ambos estudios.^{20, 21}

Además los cambios que se producen en las vías respiratorias de los hijos se quedan permanentes y al mismo tiempo por cambios epigenéticos ese asma inducido por la madre puede ser transmitido a la siguiente generación en sus nietos, incluso sin haber estado expuesto a los mismos contaminantes. Es decir se puede producir un salto generacional en el que el aumento del riesgo originado por la abuela fumadora pasa a través de la madre no fumadora al hijo de esta que es a su vez nieto de aquella. Las asociaciones de la exposición intrauterina al humo del tabaco con el riesgo de asma en los niños fueron controladas con la exposición al humo de tabaco ajeno, antecedentes familiares de asma, educación de los padres, e ingresos económicos²².

En conclusión, la contaminación ambiental influye negativamente sobre la salud, incrementando la prevalencia de enfermedades respiratorias crónicas como el asma. La actuación sobre la contaminación tiene un potencial enorme en la prevención de las enfermedades respiratorias. Todos deben contribuir a este esfuerzo, desde el plano individual con la adopción de hábitos saludables y conducción responsable hasta el plano colectivo, mediante el cumplimiento de las leyes y decretos por parte de las administraciones públicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Calidad del aire y salud. Organización Mundial de la Salud. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/index.html> (Fecha de acceso 8-08-2012)
2. REAL DECRETO 717/1987, de 27 de Mayo, que establece valores de calidad para el dióxido de nitrógeno y el plomo
3. REAL DECRETO 1321/1992, de 30 de Octubre, que establece valores de calidad para las partículas en suspensión y el dióxido de azufre
4. Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono
5. Real Decreto 117/2003 de 31 de enero, sobre limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades
6. Real Decreto 1796/2003, de 26 de diciembre, relativo al ozono en el aire ambiente.
7. Calidad del Aire en la Ciudad de México. 2011. Disponible en <http://www.calidadaire.df.gob.mx/calidadaire/index.php> (Fecha de acceso 8-08-2012)
8. Sevilla cubierta por una nube negra. Diario de Sevilla 14 de febrero de 2012. Disponible en <http://www.diariodesevilla.es/article/sevilla/1184906/sevilla/cubierta/por/una/nube/negra.html>
9. Antó JM, Sunyer J. Epidemiologic studies of asthma epidemics in Barcelona. *Chest*. 1990 Nov;98(5 Suppl):185S–190S
10. Carvajal-Urueña I, García-Marcos L, Busquets-Monge R, Morales Suárez-Varela M, García de Andoin N, Batlles-Garrido J, Blanco-Quirós A, López-Silvarrey A, García-Hernández G, Guillén-Grimaj F, González-Díaz C, Bellido-Blasco J. Geographic variation in the prevalence of asthma symptoms in Spanish children and adolescents. International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) Phase 3, Spain. *Arch Bronconeumol*. 2005 Dec;41:659-66.
11. Brunekreef, B; Stewart, AW; Anderson, HR; Lai, CK; Strachan, DP; Pearce, N; ISAAC Phase 3 Study Group. Self-reported truck traffic on the street of residence and symptoms of asthma and allergic disease: a global relationship in ISAAC phase 3. *Environmental health perspectives*, 2009. 117; 1791-8.
12. Perera F, Tang WY, Herbstman J, et al. Relation of DNA methylation of 59-CpG island of ACSL3 to transplacental exposure to airborne polycyclic aromatic hydrocarbons and childhood asthma. *PLoS One* 2009; 4: e4488.
13. Slama et al. Atmospheric pollution and term birth weight. *Environ Health Perspect* 2007; 115 (9): 1284-1292.
14. McConnell R, Berhane K, Gilliland F, London SJ, Islam T, Gauderman WJ, Avol E, Margolis HG, Peters JM. Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. *Lancet*. 2002; 359: 386-91.
15. Kabesch M, Michel S, Tost J. Epigenetic mechanisms and the relationship to childhood asthma. *Eur Respir J* 2010; 36: 950–961.
16. Braun-Fahrlander C, Riedler J, Udo Herz U et al. Environmental Exposure to Endotoxin and Its Relation to Asthma in School-Age Children. *N Engl J Med* 2002; 347:869-877
17. Ryan PH, Bernstein DI, Lockey J, Reponen T, Levin L, Grinshpun S, Villareal M, Gurjit K, Hershey K, Burkley J, et al. Exposure to traffic related particles and endotoxin during infancy is associated with wheezing at age 3 years. *AmJ Respir Crit Care Med* 2009; 180: 1068–1075.

18. Cirera L, Rodríguez M, Giménez J et al. Effects of public health interventions on industrial emissions and ambient air in Cartagena, Spain *Environ Sci Pollut Res* (2009) 16: 152-161
19. Pérez L, Sunyer J, Künzli N. Estimating the health and economic benefits associated with reducing air pollution in the Barcelona metropolitan area (Spain). *Gac Sanit.* 2009;23(4):287–294
20. Li YF, Gauderman WJ, Conti DV, et al. Glutathione S-transferase P1, maternal smoking, and asthma in children: a haplotypebased analysis. *Environ Health Perspect* 2008; 116: 409–415.
21. Xepapadaki P, Manios Y, Liarigkovinos T, et al. Association of passive exposure of pregnant women to environmental tobacco smoke with asthma symptoms in children. *Pediatr Allergy Immunol* 2009; 20: 423–429.
22. Li YF, Langholz B, Salam MT, et al. Maternal and grandmaternal smoking patterns are associated with early childhood asthma. *Chest* 2005; 127: 1232–1241.